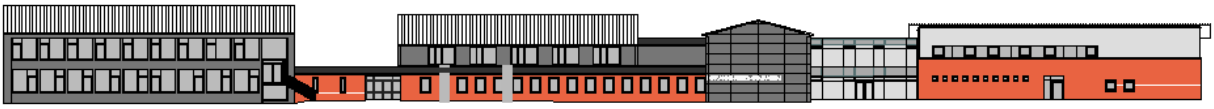
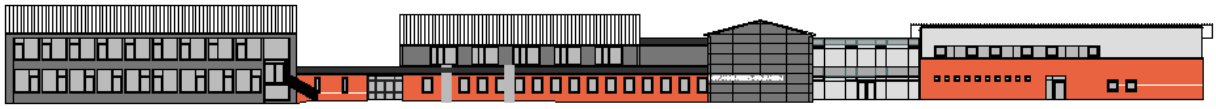


Marianne-Weber-Gymnasium, Lemgo **2014**

Schulinterner Lehrplan für die Gymnasiale Oberstufe

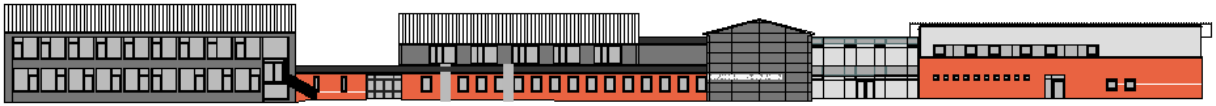
Fach

Physik



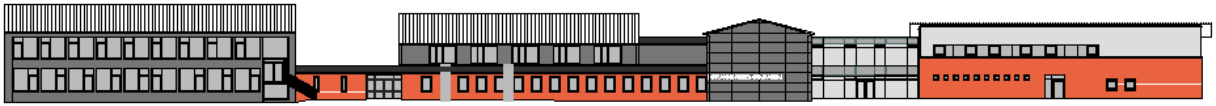
Inhalt

		Seite
1	**Die Fachgruppe Physik am MWG**	
2	**Entscheidungen zum Unterricht**	
2.1	Unterrichtsvorhaben	
2.1.1	*Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben*	***3***
2.1.2	*Konkretisiertes Unterrichtsvorhaben*	***9***
2.2	Grundsätze der fachmethodischen und fachdidaktischen Arbeit	
2.3	Grundsätze der Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung	**37**
3	**Entscheidungen zu fach-unterrichtsübergreifenden Fragen**	
4	**Qualitätssicherung und Evaluation**	
5	**Anhang**	



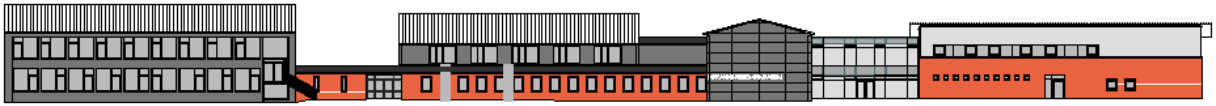
2.1.1 Übersichtsraster Einführungsphase

Quartal	Unterrichtsvorhaben	Zugeordnete Themenfelder	Schwerpunkte des Kompetenzerwerbes	Klausur
EF 1.1	*Physik u. Sport / Verkehr* Wie lassen sich Bewegungen vermessen und analysieren?	*Mechanik:* lineare Kinematik	E7 Arbeits-, Denkweisen K4 Argumentation	
EF 1.2	*Physik u. Sport / Verkehr* Wie lassen sich Bewegungen berechnen?	*Mechanik:* Dynamik (Kräfte) Erhaltungssätze (Energie und Impuls)	E5 Auswertung E6 Modelle UF2 Auswahl	Klausur gemäß Kernlehrplan S.48f
EF 2.1	*Auf dem Weg in den Weltraum* Wie kommt man zu physikalischen Erkenntnissen über unser Sonnensystem?	*Mechanik:* Gravitation (Kräfte, Energie, Impuls)	UF3 Systematisierung E3 Hypothesen E6 Modelle E7 Arbeits-, Denkweisen	
EF 2.2	*Schall* Wie lässt sich Schall physikalisch untersuchen?	*Mechanik:* Schwingungen und Wellen (Kräfte, Energie, Impuls)	E6 Modelle UF1 Wiedergabe K1 Dokumentation	Klausur gemäß Kernlehrplan S.48f



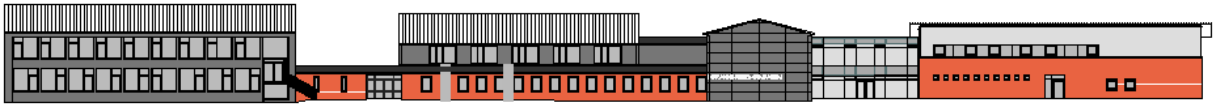
Q1-Grundkurs

Quartal	Unterrichtsvorhaben	Zugeordnete Themenfelder	Schwerpunkte des Kompetenzerwerbes	Klausur
Q1 1.1	*Erforschung des Photons* Verhalten von Licht beschreiben und erklären.	*Quantenobjekte:* Photon (Wellenaspekt)	E2 Wahrnehmung, Messung E5 Auswertung K3 Präsentation	Klausur gemäß Kernlehrplan S.48f
Q1 1.2	*Erforschung des Elektrons* Eigenschaften wie die Ladung und die Masse eines Elektrons messen.	*Quantenobjekte:* Elektron (Teilchenaspekt)	UF1 Wiedergabe UF2 Auswahl E5 Auswertung E6 Modelle	Klausur gemäß Kernlehrplan S.48f
Q1 2.1	*Photonen und Elektronen als Quantenobjekte* Vergleich des Verhaltens von Elektronen und Photonen.	*Quantenobjekte:* Elektron und Photon (Teilchen-, Wellenaspekt), Eigenschaften von Quantenobjekte	E6 Modelle E7 Arbeits- und Denkweisen K4 Argumentation B4 Möglichkeiten, Grenzen	Klausur gemäß Kernlehrplan S.48f
Q1 2.2	*Energieversorgung* Gewinnen, verteilen und bereitgestellen elektr. Energie. *Wirbelströme im Alltag*	*Elektrodynamik:* Spannung, elektr. Energie, Induktion, Spannungswandlung	UF2 Auswahl UF4 Vernetzung E2 Wahrnehmung, Messung E5 Auswertung E6 Modelle K3 Präsentation B1 Kriterien	Klausur gemäß Kernlehrplan S.48f



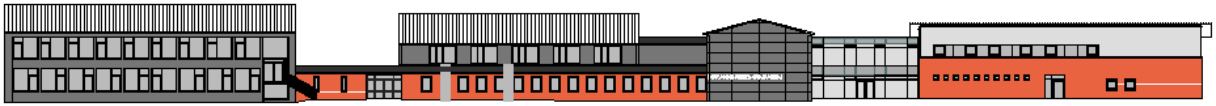
Q2-Grundkurs

Quartal	Unterrichtsvorhaben	Zugeordnete Themenfelder	Schwerpunkte des Kompetenzerwerbes	Klausur
Q2 1.1	*Erforschung des Mikro- und Makrokosmos* Gewinnung von Informationen zum Aufbau der Materie	*Strahlung und Materie:* Energiequantelung der Atomhülle, Spektrum der elektromagnetischen Strahlung	UF1 Wiedergabe E5 Auswertung E2 Wahrnehmung, Messung	Klausur gemäß Kernlehrplan S.48f
Q2 1.2	*Mensch und Strahlung* Wirkung von Strahlung auf den Menschen *Forschung am CERN und DESY* Die kleinsten Bausteine der Materie	*Strahlung und Materie:* Kernumwandlungen, Ionisierende Strahlung, Spektrum der elektromagnetischen Strahlung, Standardmodell der Elementarteilchen	UF1 Wiedergabe UF3 Systematisierung B3 Werte und Normen B4 Möglichkeiten, Grenzen E6 Modelle	Klausur gemäß Kernlehrplan S.48f
Q2 2.1	*Navigationssysteme* Einfluss der Bewegung auf den Ablauf der Zeit *Teilchenbeschleuniger* Masse bewegter Teilchen *Das heutige Weltbild* Relativitätstheorie	*Relativität von Raum und Zeit:* Konstanz der Lichtgeschw., Zeitdilatation, Veränderlichkeit der Masse, Energie-Masse Äquivalenz	UF1 Wiedergabe UF4 Vernetzung B1 Kriterien E6 Modelle E7 Arbeits- und Denkweisen K3 Präsentation	Klausur gemäß Kernlehrplan S.48f

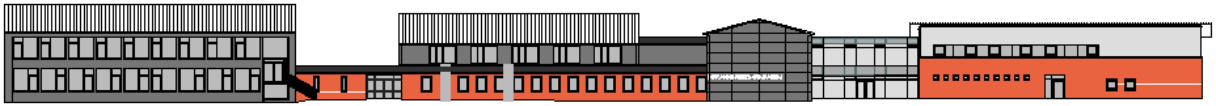


Q1-Leistungskurs

Quartal	Unterrichtsvorhaben	Zugeordnete Themenfelder	Schwerpunkte des Kompetenzerwerbes	Klausur
Q1 1.1	*Satellitennavigation – Zeitmessung* Einfluss der Bewegung und Gravitation auf den Ablauf der Zeit *Höhenstrahlung* Myonen *Teilchenbeschleuniger* - Masse bewegter Teilchen. *Das heutige Weltbild* Erklärung der Welt mit der Relativitätstheorie	*Relativitätstheorie:* Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, Problem der Gleichzeitigkeit, Zeitdilatation und Längenkontraktion, Relativistische Massenzunahme, Energie-Masse-Beziehung, Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung	UF2 Auswahl UF4 Vernetzung B1 Kriterien B4 Möglichkeiten, Grenzen E5 Auswertung E6 Modelle K3 Präsentation	Klausur gemäß Kernlehrplan S.48f
Q1 1.2	*Untersuchung von Elektronen* Wie können physikalische Eigenschaften wie die Ladung und die Masse eines Elektrons gemessen werden?	*Elektrik:* Elektrische Ladungen und ihre Felder, Bewegung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern	UF1 Wiedergabe UF2 Auswahl E6 Modelle K3 Präsentation B1 Kriterien B4 Möglichkeiten, Grenzen	Klausur gemäß Kernlehrplan S.48f

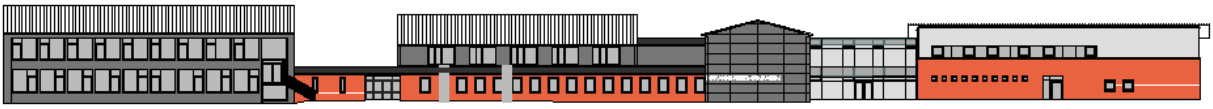


Q1 2.1	*Aufbau und Funktionsweise wichtiger Versuchs- und Messapparaturen* Elektrische Erfassung und Verarbeitung physikalischer Größen. *Energieversorgung* Gewinnen, verteilen und bereitstellen elektr. Energie.	*Elektrik:* Elektrische Ladungen und ihre Felder, Bewegung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern, Elektromagnetische Induktion	UF2 Auswahl UF4 Vernetzung E1 Probleme und Fragestellungen E5 Auswertung E6 Modelle K3 Präsentation B1 Kriterien B4 Möglichkeiten, Grenzen	Klausur gemäß Kernlehrplan S.48f
Q1 2.2	*Physikalische Grundlagen der drahtlosen Nachrichtenübermittlung* Nachrichtenübermittlung ohne Materietransport.	*Elektrik:* Elektromagnetische Schwingungen und Wellen	UF1 Wiedergabe UF2 Auswahl E4 Untersuchungen und Experimente E5 Auswertung E6 Modelle K3 Präsentation B1 Kriterien B4 Möglichkeiten, Grenzen	Klausur gemäß Kernlehrplan S.48f



Q2-Leistungskurs

Quartal	Unterrichtsvorhaben	Zugeordnete Themenfelder	Schwerpunkte des Kompetenzerwerbes	Klausur
Q2 1.1	*Erforschung des Photons* *Röntgenstrahlung* *Erforschung des Elektrons* Vergl Elektron und Photon *Mikroobjekte und Quantentheorie*	*Quantenphysik:* Licht und Elektronen als Quantenobjekte, Welle-Teilchen-Dualismus, Wahrscheinlichkeitsinterpretation, Quantenphysik und klassische Physik	UF1 Wiedergabe UF2 Auswahl E6 Modelle E7 Arbeits-, Denkweisen K3 Präsentation	Klausur gemäß Kernlehrplan S.48f
Q2 1.2	*Geschichte der Atommodelle, Linienspektren* *Physik in der Medizin Bildgebende Verfahren, Radiologie* C^{14}*-Altersbestimmungen*	*Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik:* Atomaufbau, Ionisierende Strahlung, Radioaktiver Zerfall,	UF1 Wiedergabe UF2 Auswahl UF3 Systematisierung E5 Auswertung E6 Modelle E7 Arbeits-, Denkweisen UF4 Vernetzung	Klausur gemäß Kernlehrplan S.48f
Q2 2.1	*Energiegewinnung durch nukleare Prozesse* *Forschung am CERN und DESY – Elementarteilchen und ihre fundamentalen Wechselwirkungen*	*Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik:* Kernspaltung, Kernfusion, Ionisierende Strahlung, Elementarteilchen und ihre Wechselwirkungen	B1 Kriterien UF3 Systematisierung UF4 Vernetzung K2 Recherche	Klausur gemäß Kernlehrplan S.48f



2.1.2 Konkretisiertes Unterrichtsvorhaben

Grundkurs EF 1.1

Mechanik: lineare Kinematik

Beschreibung und Analyse von linearen Bewegungen in Alltag, Sport und Verkehr.

Aristoteles vs. Galilei

Kompetenzen

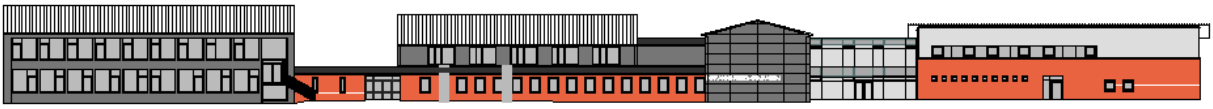
- stellen Änderungen in den Vorstellungen zu Bewegungen und zum Sonnensystem beim Übergang vom Mittelalter zur Neuzeit dar (UF3, E7),
- entnehmen Kernaussagen zu naturwissenschaftlichen Positionen zu Beginn der Neuzeit aus einfachen historischen Texten (K2, K4),
- unterscheiden gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen und erklären zugrundeliegende Ursachen (UF2),
- vereinfachen komplexe Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenzerlegung bzw. Vektoraddition (E1),
- planen selbstständig Experimente zur quantitativen und qualitativen Untersuchung einfacher Zusammenhänge (u.a. zur Analyse von Bewegungen), führen sie durch, werten sie aus und bewerten Ergebnisse und Arbeitsprozesse (E2, E5, B1),
- stellen Daten in Tabellen und sinnvoll skalierten Diagrammen (u. a. *t-s*- und *t-v*-Diagramme, Vektordiagramme) von Hand und mit digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar (K1, K3),
- erschließen und überprüfen mit Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen (E5),
- bestimmen mechanische Größen mit mathematischen Verfahren und mithilfe digitaler Werkzeuge (u.a. Tabellenkalkulation, GTR) (E6).

Mögliche Medien

Textauszüge aus Galileis *Discorsi* zur Mechanik und zu den Fallgesetzen
Handexperimente zur qualitativen Beobachtung (z.B. Fallbewegungen von Stahlkugel und glattem bzw. zur Kugel zusammengedrücktem Papier, evakuiertes Fallrohr mit Feder und Metallstück)
Analyse von Bewegungen im Sport (Fahrradfahrt o. anderes Fahrzeug, Sprint, Flug von Bällen) direkt oder per Videoanalyse (z.B. mit *VIANA*, *Tracker*)
Luftkissenfahrbahn
Messreihe zur gleichmäßig beschleunigten Bewegung (z.B. Freier Fall, Bewegung auf einer schiefen Ebene)
Wurfbewegungen (z.B. Basketball, Korbwurf, Abstoß beim Fußball, günstigster Winkel)

Lernerfolgsüberprüfung

gemäß Kernlehrplan S.48ff



Grundkurs EF 1.2

Mechanik: Dynamik, Erhaltungssätze
Newton'sche Gesetze, Kräfte und Bewegung

Energie Leistung, Impuls

Kompetenzen

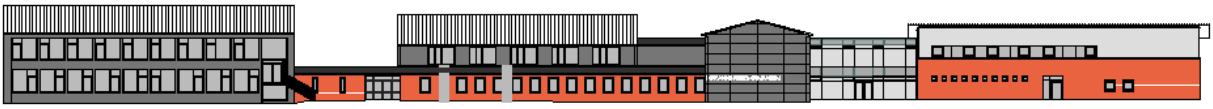
- berechnen mithilfe des Newton'schen Kraftgesetzes Wirkungen einzelner oder mehrerer Kräfte auf Bewegungszustände und sagen sie unter dem Aspekt der Kausalität vorher (E6),
- entscheiden begründet, welche Größen bei der Analyse von Bewegungen zu berücksichtigen oder zu vernachlässigen sind (E1, E4),
- reflektieren Regeln des Experimentierens in der Planung und Auswertung von Versuchen (u. a. Zielorientierung, Sicherheit, Variablenkontrolle, Kontrolle von Störungen und Fehlerquellen) (E2, E4),
- geben Kriterien (u.a. Objektivität, Reproduzierbarkeit, Widerspruchsfreiheit, Überprüfbarkeit) an, um die Zuverlässigkeit von Messergebnissen und physikalischen Aussagen zu beurteilen, und nutzen diese bei der Bewertung von eigenen und fremden Untersuchungen (B1),
- erläutern die Größen Position, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Arbeit, Energie, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (UF2, UF4),
- analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl aus einer Wechselwirkungsperspektive als auch aus einer energetischen Sicht (E1, UF1),
- verwenden Erhaltungssätze (Energie- und Impulsbilanzen), um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6),
- beschreiben eindimensionale Stoßvorgänge mit Wechselwirkungen und Impulsänderungen (UF1),
- begründen argumentativ Sachaussagen, Behauptungen und Vermutungen zu mechanischen Vorgängen und ziehen dabei erarbeitetes Wissen sowie Messergebnisse oder andere objektive Daten heran (K4),
- bewerten begründet die Darstellung bekannter mechanischer und anderer physikalischer Phänomene in verschiedenen Medien (Printmedien, Filme, Internet) bezüglich ihrer Relevanz und Richtigkeit (K2, K4).

Mögliche Medien

Luftkissenfahrbahn
Messung der Beschleunigung in Abhängigkeit von der Kraft, Funktion v. Protokollen
Energie- und Impulswandlungen in Experimenten bzw. Videos

Lernerfolgsüberprüfung

gemäß Kernlehrplan S.48ff



Grundkurs EF 2.1

Mechanik: Rotation und Gravitation
Impuls und Impulserhaltung, Rückstoß,
Kreisbewegungen,
Newton'sches Gravitationsgesetz,
Planetenbewegungen und Kepler'sche Gesetze

Kompetenzen

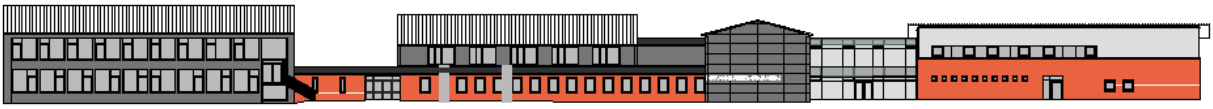
- stellen Änderungen in den Vorstellungen zu Bewegungen und zum Sonnensystem beim Übergang vom Mittelalter zur Neuzeit dar (UF3, E7),
- ermitteln mithilfe der Kepler´schen Gesetze und des Gravitationsgesetzes astronomische Größen (E6),
- beschreiben an Beispielen Veränderungen im Weltbild und in der Arbeitsweise der Naturwissenschaften, die durch die Arbeiten von Kopernikus, Kepler, Galilei und Newton initiiert wurden (E7, B3),
- beschreiben Wechselwirkungen im Gravitationsfeld und verdeutlichen den Unterschied zwischen Feldkonzept und Kraftkonzept (UF2, E6),
- analysieren und berechnen auftretende Kräfte bei Kreisbewegungen (E6),
- verwenden Erhaltungssätze (Energie- und Impulsbilanzen), um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6),
- erläutern unterschiedliche Positionen zum Sinn aktueller Forschungsprogramme (z.B. Raumfahrt, Mobilität) und beziehen Stellung dazu (B2, B3).

Mögliche Medien

Visualisierung von Planetenmodellen und Planetenbewegungen (z.B. mit Filmen, rehbarer Sternkarte oder aktuellen astronomischen Tabellen)
Messung der Zentralkraft
An dieser Stelle können das experimentell-erkundende Verfahren und das deduktive Verfahren zur Erkenntnisgewinnung am Beispiel der Herleitung der Gleichung für die Zentripetalkraft als zwei wesentliche Erkenntnismethoden der Physik bearbeitet werden.
Rückstoßraketen als Wasserrakete oder Modell (z.B. Skateboard und Medizinball)
Recherchen zu aktuellen Projekten (z.B. von ESA und DLR, auch zur Finanzierung)

Lernerfolgsüberprüfung

gemäß Kernlehrplan S.48ff



Grundkurs EF 2.2

Mechanik: Schwingungen und Wellen
Erzwungene Schwingungen und Resonanz
Modelle der Wellenausbreitung
Entstehung und Ausbreitung von Schall

Kompetenzen

- beschreiben Schwingungen und Wellen als Störungen eines Gleichgewichts und identifizieren die dabei auftretenden Kräfte (UF1, UF4),
- erläutern das Auftreten von Resonanz mithilfe von Wechselwirkung und Energie (UF1).
- erklären qualitativ die Ausbreitung mechanischer Wellen (Transversal- oder Longitudinalwelle) mit den Eigenschaften des Ausbreitungsmediums (E6),

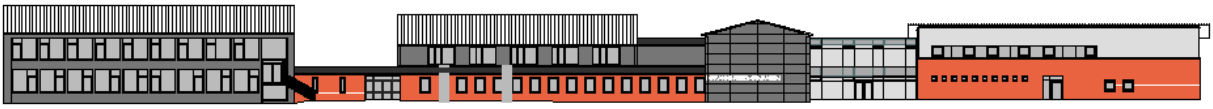
Mögliche Medien

Experimentelle Effekte (z.B. mit Stimmgabeln, Lautsprecher, Frequenzgenerator, Frequenzmessgerät, Schallpegelmesser, rußgeschwärzte Glasplatte, Schreibstimmgabel, Klingel und Vakuumglocke)

Visualisierung von Wellen (z.B. Seil, Lange Schraubenfeder, Wellenwanne)

Lernerfolgsüberprüfung

gemäß Kernlehrplan S.48ff



Grundkurs Q1 1.1

Quantenobjekte: Photonen

Beugung und Interferenz, Lichtwellenlänge, Lichtfrequenz, Kreiswellen, ebene Wellen, Beugung, Brechung

Quantelung der Energie von Licht, Austrittsarbeit

Kompetenzen

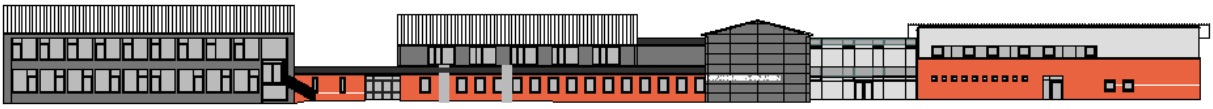
- veranschaulichen mithilfe der *Wellenwanne* qualitativ unter Verwendung von Fachbegriffen auf der Grundlage des Huygens'schen Prinzips Kreiswellen, ebene Wellen sowie die Phänomene Beugung, Interferenz, Reflexion und Brechung (K3),
- bestimmen Wellenlängen und Frequenzen von Licht mit *Doppelspalt* und *Gitter* (E5),
- demonstrieren anhand eines *Experiments zum Photoeffekt* den Quantencharakter von Licht und bestimmen den Zusammenhang von Energie, Wellenlänge und Frequenz von Photonen sowie die Austrittsarbeit der Elektronen (E5, E2),

Mögliche Medien

Doppelspalt und **Gitter**, **Wellenwanne,**
quantitative Experimente mit Laserlicht,
Photoeffekt, Hallwachsversuch, Vakuumphotozelle

Lernerfolgsüberprüfung

gemäß Kernlehrplan S.48ff



Grundkurs Q1 1.2

Quantenobjekte:Elektronen

Elementarladung, Elektronenmasse

Streuung von Elektronen an Festkörpern, de Broglie-Wellenlänge

Kompetenzen

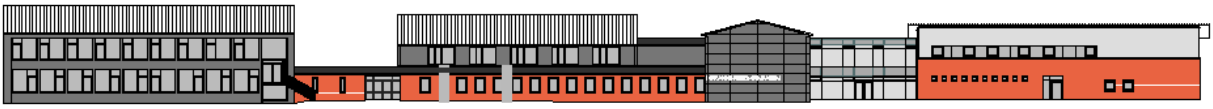
- erläutern anhand einer vereinfachten Version des *Millikanversuchs* die grundlegenden Ideen und Ergebnisse zur Bestimmung der Elementarladung (UF1, E5),
- untersuchen, ergänzend zum Realexperiment, Computersimulationen zum Verhalten von Quantenobjekten (E6).
- beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern deren Definitionsgleichungen. (UF2, UF1),
- bestimmen die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer elektrischen Spannung (UF2),
- modellieren Vorgänge im *Fadenstrahlrohr* (Energie der Elektronen, Lorentzkraft) mathematisch, variieren Parameter und leiten dafür deduktiv Schlussfolgerungen her, die sich experimentell überprüfen lassen, und ermitteln die Elektronenmasse (E6, E3, E5),
- erläutern die Aussage der de Broglie-Hypothese, wenden diese zur Erklärung des Beugungsbildes beim *Elektronenbeugungsexperiment* an und bestimmen die Wellenlänge der Elektronen (UF1, UF2, E4).

Mögliche Medien

schwebender Wattebausch
Millikanversuch, Schwebefeldmethode (keine Stokes´sche Reibung) (als Simulation möglich),
***e*/*m*-Bestimmung mit dem Fadenstrahlrohr und Helmholtzspulenpaar,**
auch Ablenkung des Strahls mit Permanentmagneten (Lorentzkraft),
(evtl. Stromwaage bei hinreichend zur Verfügung stehender Zeit),
Messung der Stärke von Magnetfeldern mit der Hallsonde,
Experiment zur Elektronenbeugung an polykristallinem Graphit

Lernerfolgsüberprüfung

gemäß Kernlehrplan S.48ff



Grundkurs Q1 2.1

Quantenobjekte: **Photonen und Elektronen als Quantenobjekte**

Licht und Materie (Teilchenaspekt, Wellenaspekt)

Quantenobjekte und ihre Eigenschaften

Kompetenzen

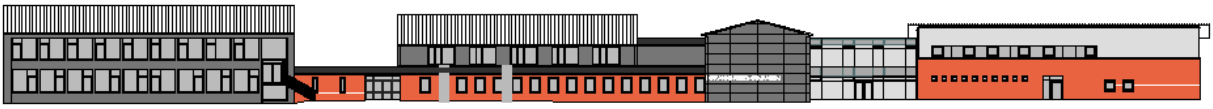
- erläutern am Beispiel der Quantenobjekte Elektron und Photon die Bedeutung von Modellen als grundlegende Erkenntniswerkzeuge in der Physik (E6, E7),
- verdeutlichen die Wahrscheinlichkeitsinterpretation für Quantenobjekte unter Verwendung geeigneter Darstellungen (Graphiken, Simulationsprogramme) (K3).
- zeigen an Beispielen die Grenzen und Gültigkeitsbereiche von Wellen- und Teilchenmodellen für Licht und Elektronen auf (B4, K4),
- beschreiben und diskutieren die Kontroverse um die Kopenhagener Deutung und den Welle-Teilchen-Dualismus (B4, K4).

Mögliche Medien

Computersimulation,
Doppelspalt,
Photoeffekt

Lernerfolgsüberprüfung

gemäß Kernlehrplan S.48ff



Grundkurs Q1 2.2

Elektrodynamik: Energieversorgung und Transport mit Generatoren und Transformatoren

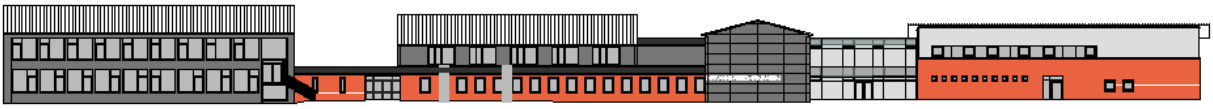
Wandlung von mechanischer in elektrische Energie: Elektromagnetische Induktion, Induktionsspannung

Technisch praktikable Generatoren: Erzeugung sinusförmiger Wechselspannungen, Nutzbarmachung elektrischer Energie durch Transformatioren,

Energieerhaltung, Ohm´sche „Verluste“, **Wirbelströme im Alltag,** Lenz´sche Regel

Kompetenzen

- erläutern am Beispiel der *Leiterschaukel* das Auftreten einer Induktionsspannung durch die Wirkung der Lorentzkraft auf bewegte Ladungsträger (UF1, E6),
- definieren die Spannung als Verhältnis von Energie und Ladung und bestimmen damit Energien bei elektrischen Leitungsvorgängen (UF2),
- bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe einer Drei-Finger-Regel (UF2, E6),
- werten Messdaten, die mit einem *Oszilloskop* bzw. mit einem *Messwerterfassungssystem* gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5).
- recherchieren bei vorgegebenen Fragestellungen historische Vorstellungen und Experimente zu Induktionserscheinungen (K2),
- erläutern adressatenbezogen Zielsetzungen, Aufbauten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Elektrodynamik jeweils sprachlich angemessen und verständlich (K3),
- erläutern das Entstehen sinusförmiger Wechselspannungen in Generatoren (E2, E6),
- werten Messdaten, die mit einem *Oszilloskop* bzw. mit einem *Messwerterfassungssystem* gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5).
- führen Induktionserscheinungen an einer *Leiterschleife* auf die beiden grundlegenden Ursachen „zeitlich veränderliches Magnetfeld“ bzw. „zeitlich veränderliche (effektive) Fläche“ zurück (UF3, UF4), erläutern adressatenbezogen Zielsetzungen, Aufbauten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Elektrodynamik jeweils sprachlich angemessen und verständlich (K3),
- ermitteln die Übersetzungsverhältnisse von Spannung und Stromstärke beim *Transformator* (UF1, UF2).
- geben Parameter von Transformatoren zur gezielten Veränderung einer elektrischen Wechselspannung an (E4),
- werten Messdaten, die mit einem *Oszilloskop* bzw. mit einem *Messwerterfassungssystem* gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5).
- führen Induktionserscheinungen an einer *Leiterschleife* auf die beiden grundlegenden Ursachen „zeitlich veränderliches Magnetfeld“ bzw. „zeitlich



veränderliche (effektive) Fläche“ zurück (UF3, UF4),

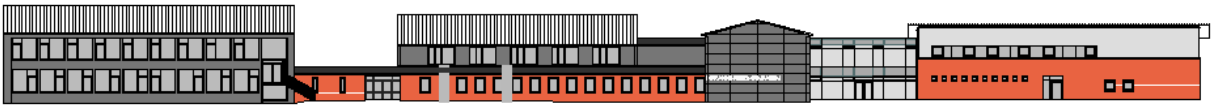
- verwenden ein physikalisches *Modellexperiment zu Freileitungen*, um technologische Prinzipien der Bereitstellung und Weiterleitung von elektrischer Energie zu demonstrieren und zu erklären (K3),
- bewerten die Notwendigkeit eines geeigneten Transformierens der Wechselspannung für die effektive Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen (B1),
- zeigen den Einfluss und die Anwendung physikalischer Grundlagen in Lebenswelt und Technik am Beispiel der Bereitstellung und Weiterleitung elektrischer Energie auf (UF4),
- beurteilen Vor- und Nachteile verschiedener Möglichkeiten zur Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen (B2, B1, B4).
- erläutern anhand des *Thomson´schen Ringversuchs* die Lenz´sche Regel (E5, UF4),
- bewerten bei technischen Prozessen das Auftreten erwünschter bzw. nicht erwünschter Wirbelströme (B1),

Mögliche Medien

bewegter Leiter im (homogenen) Magnetfeld - „**Leiterschaukelversuch**“,
Messung von Spannungen mit diversen Spannungsmessgeräten (nicht nur an der **Leiterschaukel**),
Gedankenexperimente zur Überführungsarbeit, die an einer Ladung verrichtet wird.
Internetquellen, Lehrbücher, Firmeninformationen, Filme und Applets,
Experimente mit drehenden Leiterschleifen in (näherungsweise homogenen) Magnetfeldern, Wechselstromgeneratoren, Messung und Registrierung von Induktionsspannungen mit **Oszilloskop** und **digitalem Messwerterfassungssystem,**
diverse „Netzteile“ von Elektro-Kleingeräten (mit klassischem Transformator),
Demo-Aufbautransformator mit geeigneten Messgeräten,
ruhende Induktionsspule in wechselstromdurchflossener Feldspule, mit **Messwerterfassungssystem** zur zeitaufgelösten Registrierung der Induktions-spannung und des zeitlichen Verlaufs der Stärke des magnetischen Feldes,
Modellexperiment (z.B. Aufbautransformatoren) zur Energieübertragung und zur Bestimmung der „Ohm’schen Verluste“ bei der Übertragung elektrischer Energie bei unterschiedlich hohen Spannungen
Freihandexperiment: Untersuchung der Relativbewegung eines aufgehängten Metallrings und eines starken Stabmagneten, **Thomson’scher Ringversuch,**
diverse technische und spielerische Anwendungen, z.B. Dämpfungselement an einer Präzisionswaage, Wirbelstrombremse, „fallender Magnet“ im Alu-Rohr.

Lernerfolgsüberprüfung

gemäß Kernlehrplan S.48ff



Grundkurs Q2 1.1

Strahlung und Materie: Erforschung des Mikro- und Makrokosmos

Kern-Hülle-Modell, Energieniveaus der Atomhülle, Quantenhafte Emission und Absorption von Photonen, Röntgenstrahlung

Sternspektren und Fraunhoferlinien

Kompetenzen

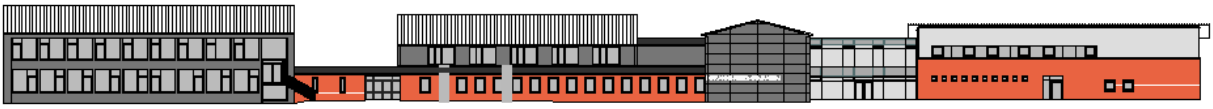
- erläutern, vergleichen und beurteilen Modelle zur Struktur von Atomen und Materiebausteinen (E6, UF3, B4),
- erklären die Energie absorbierter und emittierter Photonen mit den unterschiedlichen Energieniveaus in der Atomhülle (UF1, E6),
- erläutern die Bedeutung von *Flammenfärbung und Linienspektren bzw. Spektralanalyse*, die Ergebnisse des *Franck-Hertz-Versuches* sowie die *charakteristischen Röntgenspektren* für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E2, E5, E6, E7),
- erläutern die Bedeutung von *Flammenfärbung und Linienspektren bzw. Spektralanalyse*, die Ergebnisse des *Franck-Hertz-Versuches* sowie die *charakteristischen Röntgenspektren* für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E2, E5, E6, E7),
- interpretieren Spektraltafeln des *Sonnenspektrums* im Hinblick auf die in der Sonnen- und Erdatmosphäre vorhandenen Stoffe (K3, K1),
- erklären Sternspektren und Fraunhoferlinien (UF1, E5, K2),
- stellen dar, wie mit spektroskopischen Methoden Informationen über die Entstehung und den Aufbau des Weltalls gewonnen werden können (E2, K1),

Mögliche Medien

Erzeugung von **Linienspektren** mithilfe von Gasentladungslampen,
Franck-Hertz-Versuch,
Aufnahme von **Röntgenspektren** (interaktiven Bildschirmexperimenten (IBE), Lehrbuch oder Schulröntgeneinrichtung),
Flammenfärbung, Darstellung des **Sonnenspektrums** mit seinen **Fraunhoferlinien, Spektralanalyse,**
Literaturrecherche, Schulbuch

Lernerfolgsüberprüfung

gemäß Kernlehrplan S.48ff



Grundkurs Q2 1.2

Strahlung und Materie: Mensch und Strahlung

Strahlungsarten, Elementumwandlung, Detektoren,

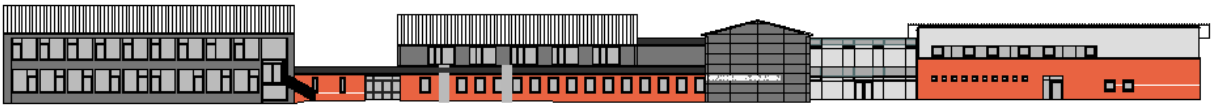
Biologische Wirkung ionisierender Strahlung und Energieaufnahme im menschlichen Gewebe, Dosimetrie

Forschung am CERN und DESY

Kernbausteine und Elementarteilchen, (virtuelles) Photon als Austauschteilchen der elektromagnetischen Wechselwirkung, Konzept der Austauschteilchen vs. Feldkonzept

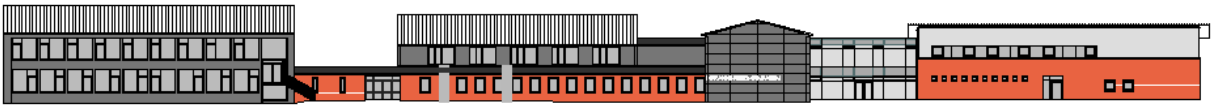
Kompetenzen

- unterscheiden α-, β-, γ-Strahlung und Röntgenstrahlung sowie Neutronen- und Schwerionenstrahlung (UF3),
- erläutern den Nachweis unterschiedlicher Arten ionisierender Strahlung mithilfe von Absorptionsexperimenten (E4, E5),
- bewerten an ausgewählten Beispielen Rollen und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik (B1, B3),
- erläutern den Begriff Radioaktivität und beschreiben zugehörige Kern-umwandlungsprozesse (UF1, K1),
- erläutern den Aufbau und die Funktionsweise von Nachweisgeräten für ionisierende Strahlung (*Geiger-Müller-Zählrohr*) und bestimmen Halbwertszeiten und Zählraten (UF1, E2),
- beschreiben Wirkungen von ionisierender und elektromagnetischer Strahlung auf Materie und lebende Organismen (UF1),
- bereiten Informationen über wesentliche biologisch-medizinische Anwendungen und Wirkungen von ionisierender Strahlung für unterschiedliche Adressaten auf (K2, K3, B3, B4),
- begründen in einfachen Modellen wesentliche biologisch-medizinische Wirkungen von ionisierender Strahlung mit deren typischen physikalischen Eigenschaften (E6, UF4),
- erläutern das Vorkommen künstlicher und natürlicher Strahlung, ordnen deren Wirkung auf den Menschen mithilfe einfacher dosimetrischer Begriffe ein und bewerten Schutzmaßnahmen im Hinblick auf die Strahlenbelastungen des Menschen im Alltag (B1, K2).
- bewerten Gefahren und Nutzen der Anwendung physikalischer Prozesse, u. a. von ionisierender Strahlung, auf der Basis medizinischer, gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Gegebenheiten (B3, B4)
- bewerten Gefahren und Nutzen der Anwendung ionisierender Strahlung unter Abwägung unterschiedlicher Kriterien (B3, B4),
- erläutern mithilfe des aktuellen Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine und erklären mit ihm Phänomene der Kernphysik (UF3, E6),
- erklären an einfachen Beispielen Teilchenumwandlungen im Standardmodell (UF1).
- recherchieren in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von



Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen in der Elementarteilchenphysik (K2). • vergleichen in Grundprinzipien das Modell des Photons als Austauschteilchen für die elektromagnetische Wechselwirkung exemplarisch für fundamentale Wechselwirkungen mit dem Modell des Feldes (E6).

Mögliche Medien
Absorptionsexperimente zu α-, β-, γ-Strahlung, Nuklidkarte **Geiger-Müller-Zählrohr**, In diesem Bereich sind i. d. R. keine Realexperimente für Schulen möglich. Es z.B. kann auf Internetseiten des CERN und DESY zurückgegriffen werden. Recherche**,** Lehrbuch, Animationen, Film
Lernerfolgsüberprüfung gemäß Kernlehrplan S.48ff



Grundkurs Q2 2.1

Relativität von Raum und Zeit: Navigationssysteme, Teilchenbeschleuniger

Relativität der Zeit, bewegte Ladungsträger in E- und B-Feldern, Ruhemasse und dynamische Masse

Das heutige Weltbild Gegenseitige Bedingung von Raum und Zeit

Kompetenzen

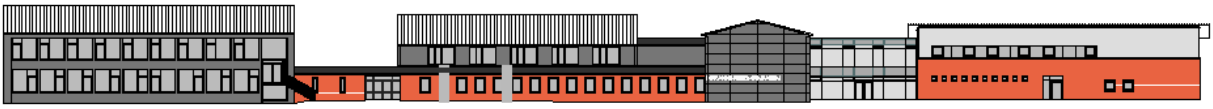
- interpretieren das *Michelson-Morley-Experiment* als ein Indiz für die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit (UF4),
- erklären anschaulich mit der *Lichtuhr* grundlegende Prinzipien der speziellen Relativitätstheorie und ermitteln quantitativ die Formel für die Zeitdilatation (E6, E7),
- erläutern qualitativ den *Myonenzerfalls* in der Erdatmosphäre als experimentellen Beleg für die von der Relativitätstheorie vorhergesagte Zeitdilatation (E5, UF1).
- erläutern die relativistische Längenkontraktion über eine Plausibilitätsbetrachtung (K3),
- begründen mit der Lichtgeschwindigkeit als Obergrenze für Geschwindigkeiten von Objekten, dass eine additive Überlagerung von Geschwindigkeiten nur für „kleine“ Geschwindigkeiten gilt (UF2),
- erläutern die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (UF1), erläutern die Funktionsweise eines *Zyklotrons* und argumentieren zu den Grenzen einer Verwendung zur Beschleunigung von Ladungsträgern bei Berücksichtigung relativistischer Effekte (K4, UF4),
- erläutern die Energie-Masse Äquivalenz (UF1).
- zeigen die Bedeutung der Beziehung $E=mc^2$ für die Kernspaltung und -fusion auf (B1, B3)
- diskutieren die Bedeutung von Schlüsselexperimenten bei physikalischen Paradigmenwechseln an Beispielen aus der Relativitätstheorie (B4, E7),
- beschreiben Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen (K3)

Mögliche Medien

Experiment von Michelson und Morley (Computersimulation),
Lichtuhr (Gedankenexperiment / Computersimulation),
Myonenzerfall (Experimentepool der Universität Wuppertal),
Zyklotron (in einer Simulation mit und ohne Massenveränderlichkeit)
Film / Video,
Lehrbuch, Film / Video

Lernerfolgsüberprüfung

gemäß Kernlehrplan S.48ff



Leistungskurs Q1 1.1

Relativitätstheorie: Satellitennavigation, Höhenstrahlung, Teilchenbeschleuniger

Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und Problem der Gleichzeitigkeit, Inertialsysteme, Relativität der Gleichzeitigkeit

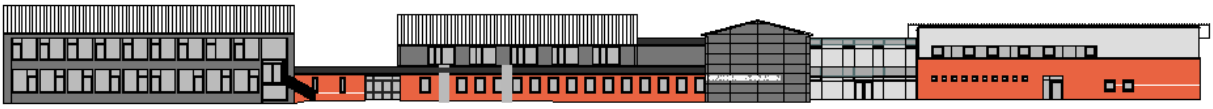
Zeitdilatation und relativistischer Faktor, Längenkontraktion, bewegte Ladungsträger in E- und B-Feldern, Ruhemasse und dynamische Masse, Bindungsenergie im Atomkern, Annihilation

Gravitation und Zeitmessung, Gleichheit von träger und schwerer Masse

Das heutige Weltbild: Gegenseitige Bedingung von Raum und Zeit

Kompetenzen

- begründen mit dem Ausgang des Michelson-Morley-Experiments die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit (UF4, E5, E6),
- erläutern das Problem der relativen Gleichzeitigkeit mit in zwei verschiedenen Inertialsystemen jeweils synchronisierten Uhren (UF2),
- begründen mit der Lichtgeschwindigkeit als Obergrenze für Geschwindigkeiten von Objekten Auswirkungen auf die additive Überlagerung von Geschwindigkeiten (UF2).
- leiten mithilfe der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und des Modells Lichtuhr quantitativ die Formel für die Zeitdilatation her (E5),
- reflektieren die Nützlichkeit des Modells Lichtuhr hinsichtlich der Herleitung des relativistischen Faktors (E7).
- erläutern die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (UF1)
- begründen den Ansatz zur Herleitung der Längenkontraktion (E6),
- erläutern die relativistischen Phänomene Zeitdilatation und Längenkontraktion anhand des Nachweises von in der oberen Erdatmosphäre entstehenden Myonen (UF1),
- beschreiben Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen (K3),
- erläutern auf der Grundlage historischer Dokumente ein Experiment (Bertozzi-Versuch) zum Nachweis der relativistischen Massenzunahme (K2, K3),
- erläutern die Energie-Masse-Beziehung (UF1)
- berechnen die relativistische kinetische Energie von Teilchen mithilfe der Energie-Masse-Beziehung (UF2)
- beschreiben die Bedeutung der Energie-Masse-Äquivalenz hinsichtlich der Annihilation von Teilchen und Antiteilchen (UF4),
- bestimmen und bewerten den bei der Annihilation von Teilchen und Antiteilchen frei werdenden Energiebetrag (E7, B1),
- beurteilen die Bedeutung der Beziehung $E=mc^2$ für Erforschung und technische Nutzung von Kernspaltung und Kernfusion (B1, B3),
- beschreiben qualitativ den Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung (UF4)



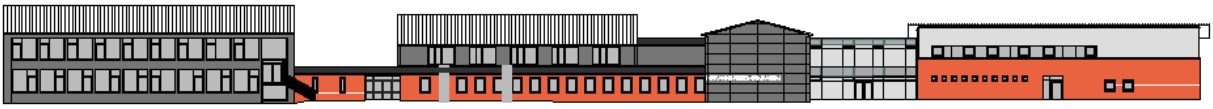
- veranschaulichen mithilfe eines einfachen gegenständlichen Modells den durch die Einwirkung von massebehafteten Körpern hervorgerufenen Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung sowie die „Krümmung des Raums“ (K3).
- bewerten Auswirkungen der Relativitätstheorie auf die Veränderung des physikalischen Weltbilds (B4).

Mögliche Medien

Experiment von Michelson und Morley (Computersimulation),
Relativität der Gleichzeitigkeit, Lichtuhr (Gedankenexperiment / Computersimulation),
Myonenzerfall und Bertozzi-Experiment (anhand von Literatur),
Historische Aufnahme von Teilchenbahnen,
Der Gang zweier Atomuhren in unterschiedlicher Höhe in einem Raum (früheres Experimente der PTB Braunschweig) ,
Flug von Atomuhren um die Erde (Video),
Einsteins Fahrstuhl-Gedankenexperiment,
Das Zwillingsparadoxon (mit Beschleunigungsphasen und Phasen der gleichförmigen Bewegung,
Film / Video, Lehrbuchtexte, Internetrecherche

Lernerfolgsüberprüfung

gemäß Kernlehrplan S.48ff



Leistungskurs Q1 1.2

Elektrik: Untersuchung von Elektronen

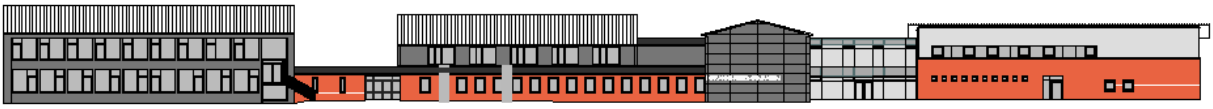
Grundlagen: Ladungstrennung, Ladungsträger

Bestimmung der Elementarladung: elektrische Felder, Feldlinien, potentielle Energie im elektrischen Feld, Spannung, Kondensator, Elementarladung

Bestimmung der Masse eines Elektrons: magnetische Felder, Feldlinien, potentielle Energie im elektrischen Feld, Energie bewegter Ladungsträger, Elektronenmasse

Kompetenzen

- erklären elektrostatische Phänomene und Influenz mithilfe grundlegender Eigenschaften elektrischer Ladungen (UF2, E6),
- beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern die Definitionsgleichungen der entsprechenden Feldstärken (UF2, UF1),
- erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder (K3, E6, B4),
- leiten physikalische Gesetze (u.a. die im homogenen elektrischen Feld gültige Beziehung zwischen Spannung und Feldstärke und den Term für die Lorentzkraft) aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),
- entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),
- erläutern an Beispielen den Stellenwert experimenteller Verfahren bei der Definition physikalischer Größen (elektrische und magnetische Feldstärke) und geben Kriterien zu deren Beurteilung an (z.B. Genauigkeit, Reproduzierbarkeit, Unabhängigkeit von Ort und Zeit) (B1, B4),
- treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1),
- beschreiben qualitativ die Erzeugung eines Elektronenstrahls in einer Elektronenstrahlröhre (UF1, K3),
- erläutern den Feldbegriff und zeigen dabei Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Gravitationsfeld, elektrischem und magnetischem Feld auf (UF3, E6),
- entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),
- erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder (K3, E6, B4),
- bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe einer Drei-Finger-Regel (UF2, E6),
- leiten physikalische Gesetze (Term für die Lorentzkraft) aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),



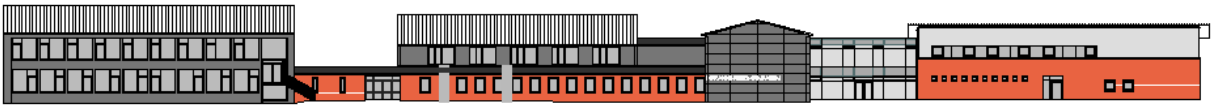
- beschreiben qualitativ und quantitativ die Bewegung von Ladungsträgern in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern sowie in gekreuzten Feldern (Wien-Filter, Hall-Effekt) (E1, E2, E3, E4, E5 UF1, UF4),
- schließen aus spezifischen Bahnkurvendaten bei der e/m-Bestimmung und beim Massenspektrometer auf wirkende Kräfte sowie Eigenschaften von Feldern und bewegten Ladungsträgern (E5, UF2),

Mögliche Medien

einfache Versuche zur Reibungselektrizität – Anziehung / Abstoßung,
(halbquantitative Versuche mit Hilfe eines Elektrometerverstärkers:
Zwei aneinander geriebene Kunststoffstäbe aus unterschiedlichen Materialien tragen betragsmäßig gleiche, aber entgegengesetzte Ladungen),Influenzversuche,
Skizzen zum prinzipiellen Aufbau des Millikanversuchs, realer Versuchsaufbau oder entsprechende Medien, (z. B: RCL (remote control laboratory), Bestimmung der Elementarladung mit dem Millikanversuch
einfache Versuche und visuelle Medien zur Veranschaulichung elektrischer Felder im Feldlinienmodell,
Plattenkondensator (homogenes E-Feld), evtl. Apparatur zur Messung der Feldstärke gemäß der Definition, Spannungsmessung am Plattenkondensator,
Fadenstrahlrohr (zunächst) zur Erarbeitung der Versuchsidee,
(z.B.) Stromwaage zur Demonstration der Kraftwirkung auf stromdurchflossene Leiter im Magnetfeld sowie zur Veranschaulichung der Definition der magnetischen Feldstärke, Versuche mit z.B. Oszilloskop, Fadenstrahlrohr, altem (Monochrom-) Röhrenmonitor o. ä. zur Demonstration der Lorentzkraft,

Lernerfolgsüberprüfung

gemäß Kernlehrplan S.48ff



Leistungskurs Q1 2.1

Elektrik: Aufbau und Funktionsweise wichtiger Versuchs- und Messapparaturen

Anwendungen in Forschung und Technik: Bewegung von Ladungsträgern in Feldern

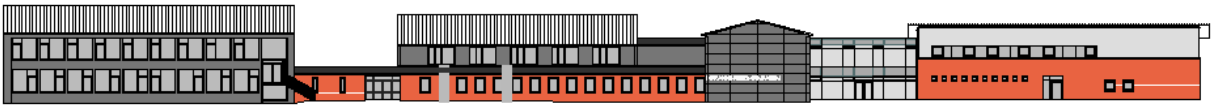
Moderne messtechnische Verfahren sowie Hilfsmittel zur Mathematisierung: Auf- und Entladung von Kondensatoren, Energie des elektrischen Feldes

Erzeugung, Verteilung und Bereitstellung elektrischer Energie

Induktion, das grundlegende Prinzip bei der Versorgung mit elektrischer Energie: Induktionsvorgänge, Induktionsgesetz, Lenz‘sche Regel, Energie des magnetischen Feldes

Kompetenzen

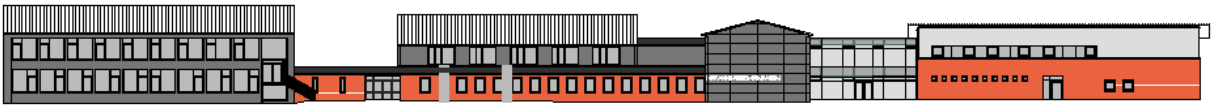
- beschreiben qualitativ und quantitativ die Bewegung von Ladungsträgern in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern sowie in gekreuzten Feldern (Wien-Filter, Hall-Effekt) (E1, E2, E3, E4, E5 UF1, UF4),
- erstellen, bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten aus dem Bereich der Elektrik (K1, K3, UF3),
- beschreiben qualitativ die Erzeugung eines Elektronenstrahls in einer Elektronenstrahlröhre (UF1, K3),
- ermitteln die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer Spannung (auch relativistisch) (UF2, UF4, B1),
- schließen aus spezifischen Bahnkurvendaten beim Massenspektrometer auf wirkende Kräfte sowie Eigenschaften von Feldern und bewegten Ladungsträgern, (E5, UF2),
- erläutern den Feldbegriff und zeigen dabei Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Gravitationsfeld, elektrischem und magnetischem Feld auf (UF3, E6),
- erläutern den Einfluss der relativistischen Massenzunahme auf die Bewegung geladener Teilchen im Zyklotron (E6, UF4),
- leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),
- entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),
- wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze (u.a. Coulomb’sches Gesetz, Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld, Lorentzkraft, Spannung im homogenen *E*-Feld) problembezogen aus (UF2),
- erläutern an Beispielen den Stellenwert experimenteller Verfahren bei der Definition physikalischer Größen (elektrische und magnetische Feldstärke) und geben Kriterien zu deren Beurteilung an (z.B. Genauigkeit, Reproduzierbarkeit, Unabhängigkeit von Ort und Zeit) (B1, B4),
- erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder (K3, E6, B4),
- entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein



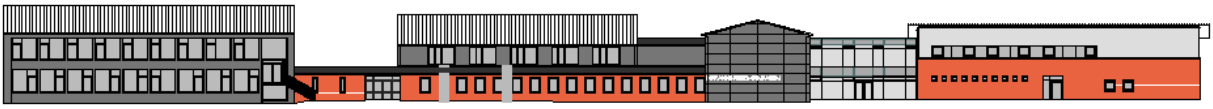
experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),

- wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze (u.a. Coulomb'sches Gesetz, Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld, Lorentzkraft, Spannung im homogenen *E*-Feld) problembezogen aus (UF2),
- leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),
- ermitteln die in elektrischen bzw. magnetischen Feldern gespeicherte Energie (Kondensator) (UF2),
- beschreiben qualitativ und quantitativ, bei vorgegebenen Lösungsansätzen, Ladungs- und Entladungsvorgänge in Kondensatoren (E4, E5, E6),
- treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1),
- wählen begründet mathematische Werkzeuge zur Darstellung und Auswertung von Messwerten im Bereich der Elektrik (auch computergestützte graphische Darstellungen, Linearisierungsverfahren, Kurvenanpassungen), wenden diese an und bewerten die Güte der Messergebnisse (E5, B4),
- entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),
- wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze (u.a. Coulomb'sches Gesetz, Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld, Lorentzkraft, Spannung im homogenen E-Feld) problembezogen aus (UF2),
- leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),
- planen und realisieren Experimente zum Nachweis der Teilaussagen des Induktionsgesetzes (E2, E4, E5),
- führen das Auftreten einer Induktionsspannung auf die zeitliche Änderung der von einem Leiter überstrichenen gerichteten Fläche in einem Magnetfeld zurück (u.a. bei der Erzeugung einer Wechselspannung) (E6),
- erstellen, bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten aus dem Bereich der Elektrik (K1, K3, UF3),
- treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1),
- identifizieren Induktionsvorgänge aufgrund der zeitlichen Änderung der magnetischen Feldgröße *B* in Anwendungs- und Alltagssituationen (E1, E6, UF4),
- wählen begründet mathematische Werkzeuge zur Darstellung und Auswertung von Messwerten im Bereich der Elektrik (auch computer-gestützte graphische Darstellungen, Linearisierungsverfahren, Kurvenanpassungen), wenden diese an und bewerten die Güte der Messergebnisse (E5, B4),
- ermitteln die in magnetischen Feldern gespeicherte Energie (Spule) (UF2),
- bestimmen die Richtungen von Induktionsströmen mithilfe der Lenz'schen Regel (UF2, UF4, E6),
- begründen die Lenz'sche Regel mithilfe des Energie- und des Wechselwirkungskonzeptes (E6, K4),

Mögliche Medien



Hallsonde, Halleffektgerät, diverse Spulen, deren Felder vermessen werden (insbesondere lange Spulen und Helmholtzspulen), Elektronenstrahlablenkröhre, visuelle Medien und Computersimulationen (ggf. RCLs) zum Massenspektrometer, Zyklotron und evtl. weiteren Teilchenbeschleunigern, diverse Kondensatoren (als Ladungs-/ Energiespeicher), Aufbaukondensatoren mit der Möglichkeit die Plattenfläche und den Plattenabstand zu variieren, statische Voltmeter bzw. Elektrometermessverstärker, Schülerversuche zur Auf- und Entladung von Kondensatoren sowohl mit großen Kapazitäten (Messungen mit Multimeter) als auch mit kleineren Kapazitäten (Messungen mit Hilfe von Messwerterfassungssystemen), Computer oder GTR/CAS-Rechner zur Messwertverarbeitung, Medien zur Information über prinzipielle Verfahren zur Erzeugung, Verteilung und Bereitstellung elektrischer Energie, Bewegung eines Leiters im Magnetfeld - Leiterschaukel, einfaches elektrodynamisches Mikrofon, Gleich- und Wechselspannungsgeneratoren (vereinfachte Funktionsmodelle für Unterrichtszwecke) quantitativer Versuch zur elektromagnetischen Induktion bei Änderung der Feldgröße B, registrierende Messung von B(t) und $U_{ind}(t)$, „Aufbau-“ Transformatoren zur Spannungswandlung, Modellversuch zu einer „Überlandleitung“ (aus CrNi-Draht) mit zwei „Trafo-Stationen“ (Energieverluste bei unterschiedlich hohen Spannungen), Versuch (qualitativ und quantitativ) zur Demonstration der Selbstinduktion (registrierende Messung und Vergleich der Ein- und Ausschaltströme in parallelen Stromkreisen mit rein ohmscher bzw. mit induktiver Last), Versuche zur Demonstration der Wirkung von Wirbelströmen, diverse „Ringversuche“
Lernerfolgsüberprüfung gemäß Kernlehrplan S.48ff



Leistungskurs Q1 2.2

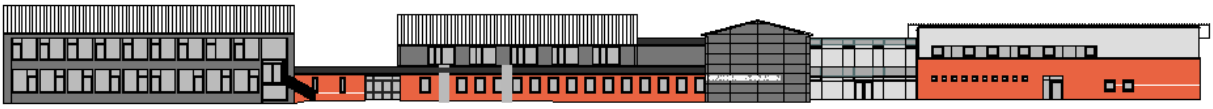
Elektrik: Physikalische Grundlagen der drahtlosen Nachrichtenübermittlung

Der elektromagnetische Schwingkreis: Elektromagnetische Schwingungen im RLC-Kreis, Energieumwandlungsprozesse im RLC-Kreis

Materiefreie Übertragung von Information und Energie: Entstehung und Ausbreitung elektro-magnetischer Wellen, Energietransport und Informationsübertragung durch elektromagnetische Wellen,

Kompetenzen

- erläutern die Erzeugung elektromagnetischer Schwingungen, erstellen aussagekräftige Diagramme und werten diese aus (E2, E4, E5, B1),
- treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1),
- erläutern qualitativ die bei einer ungedämpften elektromagnetischen Schwingung in der Spule und am Kondensator ablaufenden physikalischen Prozesse (UF1, UF2),
- beschreiben den Schwingvorgang im RLC-Kreis qualitativ als Energieumwandlungsprozess und benennen wesentliche Ursachen für die Dämpfung (UF1, UF2, E5),
- wählen begründet mathematische Werkzeuge zur Darstellung und Auswertung von Messwerten im Bereich der Elektrik (auch computer-gestützte graphische Darstellungen, Linearisierungsverfahren, Kurvenanpassungen), wenden diese an und bewerten die Güte der Messergebnisse (E5, B4),
- entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),
- wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze problembezogen aus (UF2),
- leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2).
- beschreiben den Hertz'schen Dipol als einen (offenen) Schwingkreis (UF1, UF2, E6),
- erläutern qualitativ die Entstehung eines elektrischen bzw. magnetischen Wirbelfelds bei *B*- bzw. *E*-Feldänderung und die Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle (UF1, UF4, E6),
- beschreiben qualitativ die lineare Ausbreitung harmonischer Wellen als räumlich und zeitlich periodischen Vorgang (UF1, E6),
- erläutern anhand schematischer Darstellungen Grundzüge der Nutzung elektromagnetischer Trägerwellen zur Übertragung von Informationen (K2, K3, E6).
- ermitteln auf der Grundlage von Brechungs-, Beugungs- und Interferenzerscheinungen (mit Licht- und Mikrowellen) die Wellenlängen und die Lichtgeschwindigkeit (E2, E4, E5).
- beschreiben die Phänomene Reflexion, Brechung, Beugung und Interferenz im Wellenmodell und begründen sie qualitativ mithilfe des Huygens'schen Prinzips (UF1, E6).



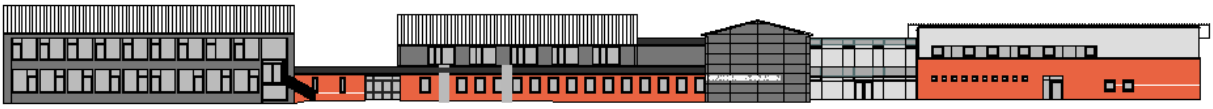
- erläutern konstruktive und destruktive Interferenz sowie die entsprechenden Bedingungen mithilfe geeigneter Darstellungen (K3, UF1),
- entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),
- leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),
- beschreiben die Interferenz an Doppelspalt und Gitter im Wellenmodell und leiten die entsprechenden Terme für die Lage der jeweiligen Maxima n-ter Ordnung her (E6, UF1, UF2),
- wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze problembezogen aus (UF2),
- erstellen, bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten (K1, K3, UF3).

Mögliche Medien

MW-Radio aus Aufbauteilen der Elektriksammlung mit der Möglichkeit, die modulierte Trägerschwingung (z.B. oszilloskopisch) zu registrieren,
einfache Resonanzversuche (auch aus der Mechanik / Akustik), RLC – Serienschwingkreis, insbesondere mit registrierenden Messverfahren und computergestützten Auswerteverfahren, ggf. Meißner- oder Dreipunkt-Rückkopplungsschaltung zur Erzeugung / Demonstration entdämpfter elektromagnetischer Schwingungen, L-C-Kreis, der sich mit einem magnetischen Wechselfeld über eine „Antenne“ zu Schwingungen anregen lässt,
dm-Wellen-Sender mit Zubehör (Empfängerdipol, Feldindikatorlampe),
Visuelle Medien zur Veranschaulichung der zeitlichen Änderung der E- und B-Felder beim Hertz’schen Dipol, entsprechende Computersimulationen,
Ringentladungsröhre (zur Vertiefung der elektromagnetischen Induktion),
visuelle Medien zur magneto-elektrischen Induktion, Visuelle Medien zur Veranschaulichung der Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle, entsprechende Computersimulationen,
Versuche mit dem dm-Wellen-Sender (s.o.),
Visuelle Medien zur Veranschaulichung der Ausbreitung einer linearen (harmonischen) Welle, auch Wellenmaschine zur Erinnerung an mechanische Wellen, entsprechende Computersimulationen, Wellenwanne,
Mikrowellensender / -empfänger mit Gerätesatz für Beugungs-, Brechungs- und Interferenzexperimente,
Interferenz-, Beugungs- und Brechungsexperimente mit (Laser-) Licht an Doppelspalt und Gitter (quantitativ) sowie z.B. an Kanten, dünnen Schichten,... (qualitativ)

Lernerfolgsüberprüfung

gemäß Kernlehrplan S.48ff



Leistungskurs Q2 1.1

Quantenphysik: Erforschung des Photons

Lichtelektrischer Effekt, Teilcheneigenschaften von Photonen, Planck´sches Wirkungsquantum

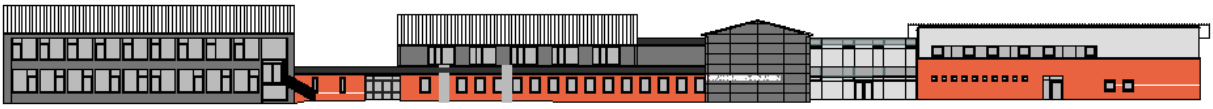
Röntgenstrahlung, Erforschung des Photons: Röntgenröhre, Röntgenspektrum, Bragg'sche Reflexionsbedingung, Planck'sches Wirkungsquantum, Strukturanalyse mithilfe der Drehkristallmethode, Strukturanalyse nach Debye-Scherrer, Röntgenröhre in Medizin und Technik

Erforschung des Elektrons: Wellencharakter von Elektronen, Streuung und Beugung von Elektronen, De Broglie-Hypothese

Die Welt kleinster Dimensionen – Mikroobjekte und Quantentheorie: linearer Potentialtopf, Energiewerte im linearen Potentialtopf, Wellenfunktion und Aufenthaltswahrscheinlichkeit, Heisenberg´sche Unschärferelation

Kompetenzen

- diskutieren und begründen das Versagen der klassischen Modelle bei der Deutung quantenphysikalischer Prozesse (K4, E6)
- legen am Beispiel des Photoeffekts und seiner Deutung dar, dass neue physikalische Experimente und Phänomene zur Veränderung des physikalischen Weltbildes bzw. zur Erweiterung oder Neubegründung physikalischer Theorien und Modelle führen können (E7),
- erläutern die qualitativen Vorhersagen der klassischen Elektrodynamik zur Energie von Photoelektronen (bezogen auf die Frequenz und Intensität des Lichts) (UF2, E3),
- erläutern den Widerspruch der experimentellen Befunde zum Photoeffekt zur klassischen Physik und nutzen zur Erklärung die Einstein'sche Lichtquantenhypothese (E6, E1),
- diskutieren das Auftreten eines Paradigmenwechsels in der Physik am Beispiel der quantenmechanischen Beschreibung von Licht und Elektronen im Vergleich zur Beschreibung mit klassischen Modellen (B2, E7),
- beschreiben und erläutern Aufbau und Funktionsweise von komplexen Versuchsaufbauten (u.a. zur h-Bestimmung und zur Elektronenbeugung) (K3, K2),
- ermitteln aus den experimentellen Daten eines Versuchs zum Photoeffekt das Planck´sche Wirkungsquantum (E5, E6),
- beschreiben den Aufbau einer Röntgenröhre (UF1),
- erläutern die Bragg-Reflexion an einem Einkristall und leiten die Bragg'sche Reflexionsbedingung her (E6),
- deuten die Entstehung der kurzwelligen Röntgenstrahlung als Umkehrung des Photoeffekts (E6),
- führen Recherchen zu komplexeren Fragestellungen der Quantenphysik durch und präsentieren die Ergebnisse (K2, K3),
- interpretieren experimentelle Beobachtungen an der Elektronenbeugungsröhre mit den Welleneigenschaften von Elektronen (E1, E5, E6), interpretieren experimentelle Beobachtungen an der Elektronenbeugungsröhre mit den



Welleneigenschaften von Elektronen (E1, E5, E6),

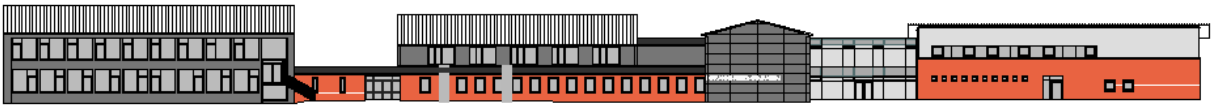
- beschreiben und erläutern Aufbau und Funktionsweise von komplexen Versuchsaufbauten (u.a. zur h-Bestimmung und zur Elektronenbeugung) (K3, K2),
- erklären die de Broglie-Hypothese am Beispiel von Elektronen (UF1),
- deuten das Quadrat der Wellenfunktion qualitativ als Maß für die Aufenthaltswahrscheinlichkeit von Elektronen (UF1, UF4),
- ermitteln die Wellenlänge und die Energiewerte von im linearen Potentialtopf gebundenen Elektronen (UF2, E6).
- erläutern die Aufhebung des Welle-Teilchen-Dualismus durch die Wahrscheinlichkeitsinterpretation (UF1, UF4),
- erläutern die Bedeutung von Gedankenexperimenten und Simulationsprogrammen zur Erkenntnisgewinnung bei der Untersuchung von Quantenobjekten (E6, E7).
- erläutern bei Quantenobjekten das Auftreten oder Verschwinden eines Interferenzmusters mit dem Begriff der Komplementarität (UF1, E3),
- diskutieren das Auftreten eines Paradigmenwechsels in der Physik am Beispiel der quantenmechanischen Beschreibung von Licht und Elektronen im Vergleich zur Beschreibung mit klassischen Modellen (B2, E7),
- stellen anhand geeigneter Phänomene dar, wann Licht durch ein Wellenmodell bzw. ein Teilchenmodell beschrieben werden kann (UF1, K3, B1),
- erläutern die Aussagen und die Konsequenzen der Heisenberg´schen Unschärferelation (Ort-Impuls, Energie-Zeit) an Beispielen (UF1, K3),
- bewerten den Einfluss der Quantenphysik im Hinblick auf Veränderungen des Weltbildes und auf Grundannahmen zur physikalischen Erkenntnis (B4, E7).

Mögliche Medien

Entladung einer positiv bzw. negativ geladenen (frisch geschmirgelten) Zinkplatte mithilfe des Lichts einer Hg-Dampf-Lampe (ohne und mit UV-absorbierender Glasscheibe),
1. Versuch zur h-Bestimmung: Gegenspannungsmethode (Hg-Linien mit Cs-Diode)
2. Versuch zur h-Bestimmung: Mit Simulationsprogramm (in häuslicher Arbeit),
Röntgenröhre der Schulröntgeneinrichtung oder interaktives Bildschirmexperiment (IBE) (z.B. http://www.mackspace.de/unterricht/simulationen_physik/quantenphysik/sv/roentgen.php oder http://www.uni-due.de/physik/ap/iabe/roentgen_b10/roentgen_b10_uebersicht.html)
Aufnahme eines Röntgenspektrums (Winkel-Intensitätsdiagramm vs. Wellenlängen-Intensitätsdiagramm)
Schülervorträge auf fachlich angemessenem Niveau, Film / Video / Foto
Qualitative Demonstrationen und Quantitative Messung mit der Elektronenbeugungsröhre, Qualitative Demonstrationen mithilfe RCL (Uni Kaiserslautern: http://rcl-munich.informatik.unibw-muenchen.de/)
Demonstration des Durchgangs eines einzelnen Quantenobjekts durch einen Doppelspalt mithilfe eines Simulationsprogramms und mithilfe von Videos

Lernerfolgsüberprüfung

gemäß Kernlehrplan S.48ff



Leistungskurs Q2 1.2

Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik:

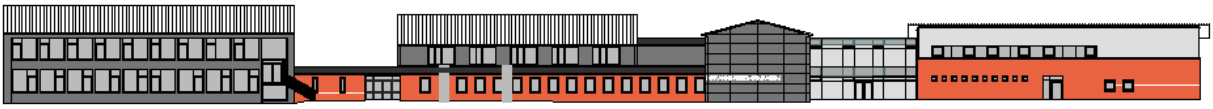
Atomaufbau: Kern-Hülle-Modell, Energiequantelung der Hüllelektronen, Linienspektren, Bohr'sche Postulate

Physik in der Medizin (Bildgebende Verfahren, Radiologie)
Ionisierende Strahlung: Detektoren, Strahlungsarten, Dosimetrie, Bildgebende Verfahren

Altersbestimmung
Radioaktiver Zerfall: Kernkräfte, Zerfallsprozesse, Altersbestimmung

Kompetenzen

- geben wesentliche Schritte in der historischen Entwicklung der Atommodelle bis hin zum Kern-Hülle-Modell wieder (UF1),
- erklären Linienspektren in Emission und Absorption sowie den Franck-Hertz-Versuch mit der Energiequantelung in der Atomhülle (E5),
- stellen die Bedeutung des Franck-Hertz-Versuchs und der Experimente zu Linienspektren in Bezug auf die historische Bedeutung des Bohr'schen Atommodells dar (E7).
- formulieren geeignete Kriterien zur Beurteilung des Bohr´schen Atommodells aus der Perspektive der klassischen und der Quantenphysik (B1, B4),
- benennen Geiger-Müller-Zählrohr und Halbleiterdetektor als experimentelle Nachweismöglichkeiten für ionisierende Strahlung und unterscheiden diese hinsichtlich ihrer Möglichkeiten zur Messung von Energien (E6),
- erklären die Ablenkbarkeit von ionisierenden Strahlen in elektrischen und magnetischen Feldern sowie die Ionisierungsfähigkeit und Durchdringungsfähigkeit mit ihren Eigenschaften (UF3),
- erklären die Entstehung des Bremsspektrums und des charakteristischen Spektrums der Röntgenstrahlung (UF1),
- benennen Geiger-Müller-Zählrohr und Halbleiterdetektor als experimentelle Nachweismöglichkeiten für ionisierende Strahlung und unterscheiden diese hinsichtlich ihrer Möglichkeiten zur Messung von Energien (E6),
- erläutern das Absorptionsgesetz für Gamma- Strahlung, auch für verschiedene Energien (UF3),
- erläutern in allgemein verständlicher Form bedeutsame Größen der Dosimetrie (Aktivität, Energie- und Äquivalentdosis) auch hinsichtlich der Vorschriften zum Strahlenschutz (K3),
- stellen die physikalischen Grundlagen von Röntgenaufnahmen und Szintigrammen als bildgebende Verfahren dar (UF4),
- beurteilen Nutzen und Risiken ionisierender Strahlung unter verschiedenen Aspekten (B4),
- benennen Protonen und Neutronen als Kernbausteine, identifizieren Isotope und erläutern den Aufbau einer Nuklidkarte (UF1),
- identifizieren natürliche Zerfallsreihen sowie künstlich herbeigeführte Kernumwandlungsprozesse mithilfe der Nuklidkarte (UF2),
- entwickeln Experimente zur Bestimmung der Halbwertszeit radioaktiver



Substanzen (E4, E5),

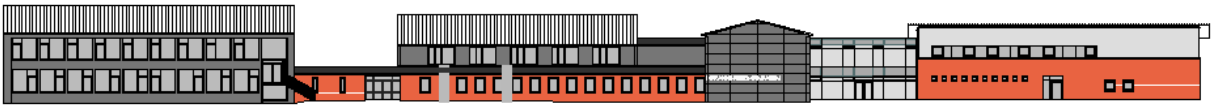
- nutzen Hilfsmittel, um bei radioaktiven Zerfällen den funktionalen Zusammenhang zwischen Zeit und Abnahme der Stoffmenge sowie der Aktivität radioaktiver Substanzen zu ermitteln (K3),
- leiten das Gesetz für den radioaktiven Zerfall einschließlich eines Terms für die Halbwertszeit her (E6),
- bestimmen mithilfe des Zerfallsgesetzes das Alter von Materialien mit der C14-Methode (UF2),

Mögliche Medien

Rutherford'scher Streuversuch,
Linienspektren, Franck-Hertz-Versuch, Linienspektren von H,
Durchstrahlung einer Na-Flamme mit Na- und Hg-Licht (Schattenbildung),
Geiger-Müller-Zählrohr, Nebelkammer,
Absorption von α-, β-, γ-Strahlung, Ablenkung von β-Strahlen im Magnetfeld,
Literatur (zur Röntgen- , Neutronen- und Schwerionenstrahlung),
Video zur Dosimetrie,
Auswertung von Berichten über Unfälle im kerntechnischen Bereich,
Schülervorträge auf fachlich angemessenem Niveau,
Ausschnitt aus Nuklidkarte, Elektronische Nuklidkarte,
Radon-Messung im Schulkeller, (Zentralabitur 2008),
Tabellenkalkulation, Ggf. CAS,
Recherche in Literatur und Internet

Lernerfolgsüberprüfung

gemäß Kernlehrplan S.48ff



Leistungskurs Q2 2.1

Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik: Energiegewinnung durch nukleare Prozesse

Kernspaltung und Kernfusion: Massendefekt, Äquivalenz von Masse und Energie, Bindungsenergie, Kettenreaktion, Kernspaltung, Kernfusion

Forschung am CERN und DESY – Elementarteilchen und ihre fundamentalen Wechselwirkungen: Kernbausteine und Elementarteilchen, Kernkräfte, Austauschteilchen der fundamentalen Wechselwirkungen, Aktuelle Forschung und offene Fragen der Elementarteilchenphysik, (z.B. Higgs-Teilchen, Dunkle Materie, Dunkle Energie, Asymmetrie zwischen Materie und Antimaterie, …)

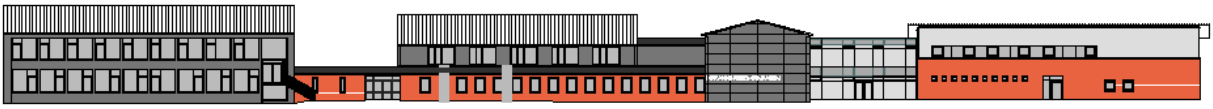
Kompetenzen

- bewerten den Massendefekt hinsichtlich seiner Bedeutung für die Gewinnung von Energie (B1),
- bewerten an ausgewählten Beispielen Rollen und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik (B1),
- erläutern die Entstehung einer Kettenreaktion als relevantes Merkmal für einen selbstablaufenden Prozess im Nuklearbereich (E6),
- beurteilen Nutzen und Risiken von Kernspaltung und Kernfusion anhand verschiedener Kriterien (B4),
- beschreiben Kernspaltung und Kernfusion unter Berücksichtigung von Bindungsenergien (quantitativ) und Kernkräften (qualitativ) (UF4),
- hinterfragen Darstellungen in Medien hinsichtlich technischer und sicherheitsrelevanter Aspekte der Energiegewinnung durch Spaltung und Fusion (B3, K4).
- systematisieren mithilfe des heutigen Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine und erklären mit ihm Phänomene der Kernphysik (UF3),
- vergleichen das Modell der Austauschteilchen im Bereich der Elementarteilchen mit dem Modell des Feldes (Vermittlung, Stärke und Reichweite der Wechselwirkungskräfte) (E6).
- erklären an Beispielen Teilchenumwandlungen im Standardmodell mithilfe der Heisenberg'schen Unschärferelation und der Energie-Masse-Äquivalenz (UF1).
- recherchieren in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen in der Elementarteilchenphysik (K2),

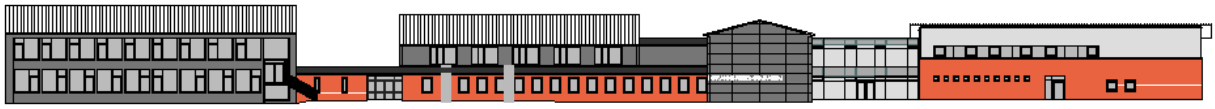
Mögliche Medien

Video zu Kernwaffenexplosion, Mausefallenmodell, Video, Applet,
Diagramm *B*/*A* gegen *A*, Tabellenwerk, ggf. Applet,
Recherche in Literatur und Internet,
Schülerdiskussion, ggf. Fish Bowl, Amerikanische Debatte, Pro-Kontra-Diskussion,
Existenz von Quarks (Video), Internet (CERN / DESY),
Darstellung der Wechselwirkung mit Feynman-Graphen (anhand von Literatur),
„CERN-Rap“: http://www.youtube.com/watch?v=7VshToyoGl8

Nachfolgend sind einige geeignet erscheinende Internetquellen aufgelistet:



CERN-Film zum Standardmodell (sehr übersichtlich): http://project-physicsteaching.web.cern.ch/project-physicsteaching/german/kurzvideos/film6.wmv Weiter Filme zum Standardmodell im netz verfügbar (z.B. bei YouTube) Einführung in Teilchenphysik (DESY): http://teilchenphysik.desy.de/ http://kworkquark.desy.de/1/index.html Übungen und Erklärungen zu Ereignisidentifikation (umfangreiche CERN-Internetseite zum Analysieren von (Original-) Eventdisplays) am Computer: http://kjende.web.cern.ch/kjende/de/wpath.htm Ausgezeichnete Unterrichtsmaterialien des CERN zur Teilchenphysik: http://project-physicsteaching.web.cern.ch/project-physicsteaching/german/ Übungen zur Teilchenphysik in der Realität: http://physicsmasterclasses.org/neu/ http://www.teilchenwelt.de/ Naturphänomene und Anregungen für den Physikunterricht: http://www.solstice.de … und vieles mehr: http://www.teilchenwelt.de/material/materialien-zur-teilchenphysik/
Lernerfolgsüberprüfung gemäß Kernlehrplan S.48ff

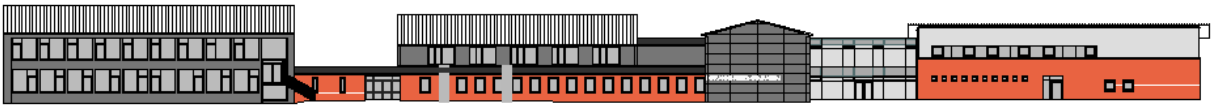


2.3 Grundsätze der Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung

Erfolgreiches Lernen ist kumulativ. Entsprechend sind die Kompetenzerwartungen im Kernlehrplan in der Regel in ansteigender Progression und Komplexität formuliert. Dies erfordert, dass Lernerfolgsüberprüfungen darauf ausgerichtet sein müssen, Schülerinnen und Schülern Gelegenheit zu geben, Kompetenzen, die sie in den vorangegangenen Jahren erworben haben, wiederholt und in wechselnden Zusammenhängen unter Beweis zu stellen. Für Lehrerinnen und Lehrer sind die Ergebnisse der begleitenden Diagnose und Evaluation des Lernprozesses sowie des Kompetenzerwerbs Anlass, die Zielsetzungen und die Methoden ihres Unterrichts zu überprüfen. Für die Schülerinnen und Schüler sollen ein den Lernprozess begleitendes Feedback sowie Rückmeldungen zu den erreichten Lernständen eine Hilfe für die Selbsteinschätzung sowie eine Ermutigung für das weitere Lernen darstellen. Die Beurteilung von Leistungen soll demnach grundsätzlich mit der Diagnose des erreichten Lernstandes und Hinweisen zum individuellen Lernfortschritt verknüpft sein.
Die Leistungsbewertung erfolgt für die Schülerinnen und Schülern transparent, die Korrekturen insbesondere schriftlicher Arbeiten ermöglicht den Lernenden auch Erkenntnisse über die individuelle Lernentwicklung. Dazu gehören, neben der Etablierung eines angemessenen Umgangs mit eigenen Stärken und Schwächen, auch Hinweise zu individuell erfolgversprechenden Lernstrategien.
Im Sinne der Orientierung an den zuvor formulierten Anforderungen sind grundsätzlich alle in Kapitel 2 des Lehrplans ausgewiesenen Kompetenzbereiche (Umgang mit Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation sowie Bewertung) bei der Leistungsbewertung angemessen zu berücksichtigen. Die dort aufgeführten Kompetenzerwartungen sollen auch in Hinblick auf den Selbstständigkeitsgrad der Lösung nach den Anforderungsbereichen I (Wiedergeben von Sachverhalten sowie Anwenden geübter Arbeitstechniken), II (selbstständiges Bearbeiten bekannter Sachverhalte in bekanntem oder vergleichbarem neuen Zusammenhang), III (selbstständiges Lösen komplexer Sachverhalte) erfolgen. Ein lediglich auf Reproduktion angelegtes Abfragen einzelner Daten und Sachverhalte allein wird dabei den zuvor formulierten Ansprüchen an die Leistungsfeststellung nicht gerecht.
Die rechtlich verbindlichen Grundsätze der Leistungsbewertung sind im Schulgesetz sowie in der Ausbildungs- und Prüfungsordnung für die gymnasiale Oberstufe (APO-GOSt) dargestellt. Demgemäß sind bei der Leistungsbewertung von Schülerinnen und Schülern erbrachte Leistungen in den Beurteilungsbereichen „Schriftliche Arbeiten/Klausuren“ sowie „Sonstige Leistungen im Unterricht/Sonstige Mitarbeit“ entsprechend den in der APO-GOSt angegebenen Gewichtungen zu berücksichtigen. Dabei bezieht sich die Leistungsbewertung insgesamt auf die im Zusammenhang mit dem Unterricht erworbenen Kompetenzen und nutzt unterschiedliche Formen der Lernerfolgsüberprüfung.
Hinsichtlich der einzelnen Beurteilungsbereiche gelten die folgenden Regelungen:

Beurteilungsbereich „Schriftliche Arbeiten/Klausuren“

Für den Einsatz in Klausuren kommen im Wesentlichen Überprüfungsformen – ggf. auch in Kombination – in Betracht, die später in diesem Kapitel aufgeführt sind. Die Schülerinnen und Schüler müssen mit den Überprüfungsformen, die im Rahmen von Klausuren eingesetzt werden, vertraut sein.



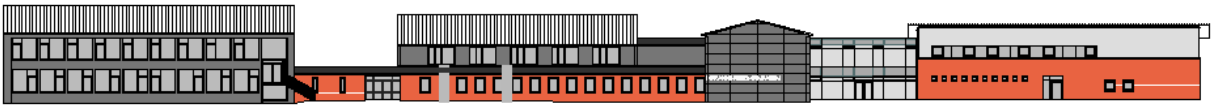
Über ihre unmittelbare Funktion als Instrument der Leistungsbewertung hinaus sollen Klausuren im Laufe der gymnasialen Oberstufe auch zunehmend auf die inhaltlichen und formalen Anforderungen des schriftlichen Teils der Abiturprüfungen vorbereiten. Dazu gehört u.a. auch die Schaffung angemessener Transparenz im Zusammenhang mit einer kriteriengeleiteten Bewertung, die Gewichtung der Anforderungsbereiche sowie die Bewertung nach dem im Abitur verwendeten Punkteraster.
Da in Klausuren neben der Verdeutlichung des fachlichen Verständnisses auch die Darstellung bedeutsam ist, werden gehäufte Verstöße gegen die sprachliche Richtigkeit zu einer Absenkung der Note gemäß APO-GOSt führen.
In der Qualifikationsphase (Q1) wird nach Festlegung durch die Schule eine Klausur durch eine Facharbeit ersetzt. Facharbeiten dienen dazu, die Schülerinnen und Schüler mit den Prinzipien und Formen selbstständigen, wissenschaftspropädeutischen Lernens vertraut zu machen. Die Facharbeit ist eine umfangreichere schriftliche Hausarbeit und selbstständig zu verfassen. Umfang und Schwierigkeitsgrad der Facharbeit sind so zu gestalten, dass sie ihrer Wertigkeit im Rahmen des Beurteilungsbereichs „Schriftliche Arbeiten/Klausuren“ gerecht wird.

Beurteilungsbereich „Sonstige Leistungen im Unterricht/Sonstige Mitarbeit“

Im Beurteilungsbereich „Sonstige Leistungen im Unterricht/Sonstige Mitarbeit“ können – neben den nachfolgend aufgeführten Überprüfungsformen – vielfältige weitere zum Einsatz kommen, für die kein abschließender Katalog festgesetzt wird. Im Rahmen der Leistungsbewertung gelten auch für diese die oben ausgeführten allgemeinen Ansprüche der Lernerfolgsüberprüfung und Leistungsbewertung. Im Verlauf der gymnasialen Oberstufe ist auch in diesem Beurteilungsbereich sicherzustellen, dass Formen, die im Rahmen der Abiturprüfungen – insbesondere in den mündlichen Prüfungen – von Bedeutung sind, vorbereitet werden.
Zu den Bestandteilen der „Sonstigen Leistungen im Unterricht/Sonstigen Mitarbeit“ zählen u.a. unterschiedliche Formen der selbstständigen und kooperativen Aufgabenerfüllung, Beiträge zum Unterricht, von der Lehrkraft abgerufene Leistungsnachweise wie z.B. die schriftliche Übung, von der Schülerin oder dem Schüler vorbereitete, in abgeschlossener Form eingebrachte Elemente zur Unterrichtsarbeit, die z.B. in Form von Präsentationen, Protokollen, Referaten und Portfolios möglich werden. Schülerinnen und Schüler bekommen durch die Verwendung einer Vielzahl von unterschiedlichen Überprüfungsformen vielfältige Möglichkeiten, ihre eigene Kompetenzentwicklung darzustellen und zu dokumentieren.
Der Bewertungsbereich „Sonstige Leistungen im Unterricht/Sonstige Mitarbeit“ erfasst die im Unterrichtsgeschehen durch mündliche, schriftliche und ggf. praktische Beiträge sichtbare Kompetenzentwicklung der Schülerinnen und Schüler. Der Stand der Kompetenzentwicklung in der „Sonstigen Mitarbeit“ wird sowohl durch Beobachtung während des Schuljahres als auch durch punktuelle Überprüfungen festgestellt.

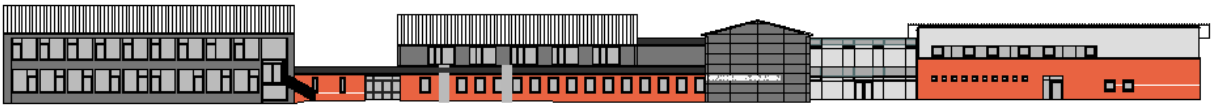
Überprüfungsformen

Die Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans ermöglichen eine Vielzahl von Überprüfungsformen. Im Verlauf der gesamten gymnasialen Oberstufe kann – auch mit Blick auf die individuelle Förderung - ein möglichst breites Spektrum der genannten Formen in schriftlichen, mündlichen oder praktischen Kontexten zum



Einsatz gebracht werden. Diese wie auch weitere Überprüfungsformen können nach Bedarf und Entscheidung der Lehrkraft eingesetzt werden und sind nicht verbindlich. Die Schülerinnen und Schüler müssen mit den jeweils eingesetzten Überprüfungsformen vertraut sein.
Die folgende Auflistung der Überprüfungsformen ist nicht abschließend.

Überprüfungsform	**Beschreibung**
Darstellungsaufgaben	Beschreibung und Erläuterung eines physikalischen Phänomens; Darstellung eines physikalischen Zusammenhangs; Bericht über Erfahrungen und Ereignisse, auch aus der Wissenschaftsgeschichte
Experimentelle Aufgaben	qualitative Erkundung von Zusammenhängen; Messung physikalischer Größen; quantitative Untersuchung von Zusammenhängen; Prüfung von Hypothesen und theoretischen Modellen
Aufgaben zur Datenanalyse	Aufbereitung und Darstellung von Daten; Beurteilung und Bewertung von Daten, Fehlerabschätzung; Prüfen von Datenreihen auf Trends und Gesetzmäßigkeiten; Auswertung von Daten zur Hypothesengenerierung; Videoanalysen
Herleitungen mithilfe von Theorien und Modellen	Erklärung eines Zusammenhangs oder Überprüfung einer Aussage mit einer Theorie oder einem Modell; Vorhersage bzw. Begründung eines Ereignisses oder Ergebnisses aufgrund eines theoretischen Modells; Mathematisierung und Berechnung eines physikalischen Zusammenhangs; Deduktive Herleitung eines Zusammenhangs mithilfe theoretischer Überlegungen
Rechercheaufgaben	Erarbeiten von physikalischen Zusammenhängen oder Gewinnung von Daten aus Fachtexten und anderen Darstellungen in verschiedenen Medien; Strukturierung und Aufbereitung recherchierter Informationen; Kriteriengestützte Bewertung von Informationen und Informationsquellen
Dokumentationsaufgaben	Protokolle von Experimenten und Untersuchungen; Dokumentation von Projekten; Portfolio
Präsentationsaufgaben	Vorführung / Demonstration eines Experiments; Vortrag, Referat; Fachartikel; Medienbeitrag
Bewertungsaufgaben	Physikalische fundierte Stellungnahme zu (umstrittenen) Sachverhalten oder zu Medien beiträgen; Abwägen zwischen alternativen wissenschaftlichen bzw. technischen Problem lösungen; Argumentation und Entscheidungsfindung in Konflikt- oder Dilemmasituationen



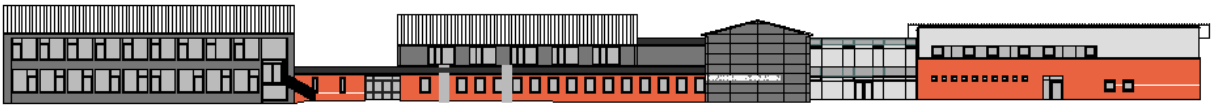
Bewertung im Bereich „Sonstige Leistungen im Unterricht/Sonstige Mitarbeit“

Mündliche Beteiligung am Unterricht:	Schriftliche Beteiligung am Unterricht:	Besondere Formen wie Referate, Präsentationen, Experimente.....
• Die SuS tragen kommentierend Hausaufgabenlösungen vor bzw. stellen zu nicht gelungenen Hausaufgabenlösungen sinnvolle Fragen, die erkennen lassen, dass sie sich intensiv um die Lösung bemüht haben • Die SuS beteiligen sich in Partner- und Gruppenarbeits-phasen aktiv an der Arbeit ihres Teams • Die SuS tragen Ergebnisse von Stillarbeits-, Partnerarbeits- und Gruppenarbeitsphasen vor • Die SuS beteiligen sich aktiv am Unterrichtsgespräch a) mit weiterführenden Beiträgen b) mit Fragen und Antworten, die erkennen lassen, dass sie dem Gang des Unterrichtsgesprächs folgen • Die SuS stellen bei „mündlichen Leistungsüberprüfungen“ Unter-richtsergebnisse in wiederholenden Schülervorträgen angemessen dar und wenden sie an	• Die SuS führen ein ordentliches Heft bzw. eine ordentliche Mappe, in dem bzw. in der sie gegliedert und mit Datum versehen Stundeneinträge, Arbeits-blätter mit zugehörigen Lösungen und Hausaufga-benlösungen sammeln. • Die SuS arbeiten in schriftlichen Phasen aktiv an den gestellten Aufgaben (dies gilt auch für Partner- und Gruppenarbeitsphasen) • Die SuS stellen bei ggf. angesetzten kurzen schriftlichen Leistungs-überprüfungen Unterrichts-ergebnisse angemessen dar und wenden sie an („Tests“, deutlich geringerer zeitlicher Umfang als Klausuren).	Die SuS übernehmen nach Vereinbarung mit der Lehrkraft Referate bzw. Präsentationen und • halten dabei die vorgegebene Vorbereitungs- und Vortragszeit ein • halten zu ihrem Thema einen sprachlich angemessenen und für ihre Mitschüler verständlichen Vortrag und nutzen dabei auch jeweils sinnvolle Medien (Tafel, Folie, Computer-Werkzeuge, ...) • stellen ihren Mitschüler(innen) und der Lehrkraft auf Wunsch schriftliche Zusammenfassungen ihres Vortrags zur Verfügung • planen Experimente und beteiligen sich angemessen an deren Durchführung • halten sich bei der Durchführung von Experimenten an die im Unterricht gegebenen Kriterien

Für eine ausreichende Leistung muss die Schülerin/ der Schüler elementare Grundkenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten zeigen. Dabei dürfen Erklärungen und Begründungen lückenhaft bleiben.

Für eine gute Leistung müssen Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten etwas über das normale Maß hinausgehen. Die Schülerin/ der Schüler soll zeigen, dass er/ sie selbstständig, begründet und sachangemessen arbeiten kann.

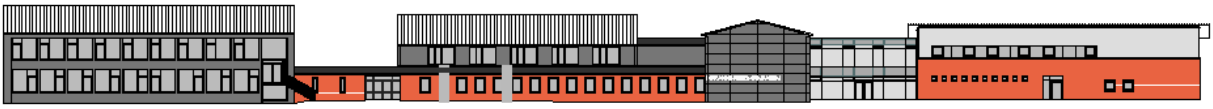
Am Ende jedes Quartals erhalten die SuS im Rahmen der Notenmitteilung zu ihrer „Sonstigen Mitarbeit“ individuelle Leistungsrückmeldungen und eine Beratung im Sinne individueller Lern- und Förderempfehlungen.



Orientierungshilfe zur Bewertung „Sonstiger Mitarbeit“

Die nachfolgende Tabelle dient als Orientierungsrahmen. Eine Schwerpunktsetzung erfolgt durch den jeweiligen Fachlehrer und hängt von der konkreten Unterrichtsgestaltung ab, d.h. nicht alle Aspekte müssen in die Bewertung einfließen.

Leistungs-aspekt	**Orientierungshilfe: Anforderungen für eine**	
	gute Leistung	**ausreichende Leistung**
	Die Schülerin, der Schüler	
Qualität der Unterrichts-beiträge	nennt richtige Lösungen und begründet sie nachvollziehbar im Zusammenhang der Aufgabenstellung	nennt teilweise richtige Lösungen, in der Regel jedoch ohne nachvollziehbare Begründungen
	geht selbstständig auf andere Lösungen ein, findet Argumente und Begründungen für ihre/seine eigenen Beiträge	geht selten auf andere Lösungen ein, nennt Argumente, kann sie aber nicht begründen
	kann ihre/seine Ergebnisse auf unterschiedliche Art und mit unterschiedlichen Medien darstellen	kann ihre/seine Ergebnisse nur auf eine Art darstellen
	weist in Unterrichtsgesprächen, bei Hausaufgaben bzw. in mündlichen und schriftlichen Prüfungen („Tests“, s.o.) nach, dass sie/er die erarbeiteten Kenntnisse und Fertigkeiten beherrscht.	weist in Unterrichtsgesprächen, bei Hausaufgaben bzw. in mündlichen und schriftlichen Prüfungen („Tests“, s.o.) nach, dass sie/er die erarbeiteten Grundkenntnisse und Grundfertigkeiten beherrscht.
Kontinuität/ Quantität	beteiligt sich regelmäßig am Unterrichtsgespräch	nimmt eher selten am Unterrichtsgespräch teil
Selbstständig-keit	bringt sich von sich aus in den Unterricht ein	beteiligt sich gelegentlich eigenständig am Unterricht
	ist selbstständig ausdauernd bei der Sache und erledigt Aufgaben gründlich und zuverlässig	benötigt oft eine Aufforderung, um mit der Arbeit zu beginnen; arbeitet Rückstände nur teilweise auf
	strukturiert und erarbeitet neue Lerninhalte weitgehend selbstständig, stellt selbstständig Nachfragen	erarbeitet neue Lerninhalte mit umfangreicher Hilfestellung, fragt diese aber nur selten nach



	erarbeitet bereitgestellte Materialien selbstständig	erarbeitet bereitgestellte Materialen eher lückenhaft
Hausaufgaben	erledigt sorgfältig und vollständig die Hausaufgaben	erledigt die Hausaufgaben weitgehend vollständig, aber teilweise oberflächlich
	trägt Hausaufgaben mit nachvollziehbaren Erläuterungen vor	nennt die Ergebnisse, erläutert erst auf Nachfragen und oft unvollständig
Kooperation	bringt sich ergebnisorientiert in die Gruppen-/Partnerarbeit ein	bringt sich nur wenig in die Gruppen-/Partnerarbeit ein
	arbeitet kooperativ und respektiert die Beiträge Anderer	unterstützt die Gruppenarbeit nur wenig, stört aber nicht
Gebrauch der Fachsprache	wendet Fachbegriffe sachangemessen an und kann ihre Bedeutung erklären	versteht Fachbegriffe nicht immer, kann sie teilweise nicht sachangemessen anwenden
Werkzeug-gebrauch	setzt Werkzeuge im Unterricht sicher bei der Bearbeitung von Aufgaben und zur Visualisierung von Ergebnissen ein	benötigt häufig Hilfe beim Einsatz von Werkzeugen zur Bearbeitung von Aufgaben
Präsentation/ Referat	präsentiert vollständig, strukturiert und gut nachvollziehbar	präsentiert an mehreren Stellen eher oberflächlich, die Präsentation weist Verständnislücken auf
Heft bzw. Mappe	führt das Heft / die Mappe sorgfältig und vollständig	führt das Heft / die Mappe weitgehend sorgfältig, aber teilweise unvollständig
Schriftliche Übung	ca. 75% der erreichbaren Punkte	ca. 50% der erreichbaren Punkte
Experimente	plant im Rahmen des jeweiligen Unterrichtsthemas weitgehend eigenständig Experimente und beteiligen sich angemessen an deren Durchführung.	kann geplante Experimente auf die Fragestellung beziehen.
	führt die Experimente sorgfältig ohne zusätzliche Unterstützung durch.	führt die Experimente mit kleinen Hilfen sorgfältig durch.
	erstellt Versuchsprotokolle und stellt Daten übersichtlich dar und greift	erstellt Versuchsprotokolle und stellt Daten übersichtlich dar und greift

	dabei eigenständig auf eingeführte Fachmethoden zurück.	dabei auf eingeführte Fachmethoden zurück.
	wertet die Experimente mit Bezug zur Fragestellung eigenständig aus und greift dabei eigenständig auf eingeführte Fachmethoden zurück.	wertet die Experimente mit Bezug zur Fragestellung aus und greift dabei auf eingeführte Fachmethoden zurück.
	kennt und beachtet die Sicherheitshinweise und kann diese in die Planung der Experimente einbeziehen.	kennt und beachtet die Sicherheitshinweise.